

ТЕЗИСЫ ДОКЛАДОВ

**МЕЖДУНАРОДНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ
«Перспективные материалы с иерархической структурой
для новых технологий и надежных конструкций»**

**X МЕЖДУНАРОДНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ
«Химия нефти и газа»**

Томск

Издательский Дом ТГУ

2018

DOI: 10.17223/9785946217408/6

МАЛОАКТИВИРУЕМЫЕ КОНСТРУКЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ЯДЕРНЫХ РЕАКТОРОВ ДЕЛЕНИЯ И СИНТЕЗА

^{1,2}Чернов В.М., ¹Блохин Д.А., ¹Дробышев В.А., ¹Кравцова М.В., ^{1,2}Леонтьева-Смирнова М.В.,
¹Можанов Е.М., ¹Мороз К.А., ¹Потапенко М.М., ³Тюменцев А.Н., ³Дитенберг И. А.,
³Литовченко И.Ю., ³Полехина Н.А.

¹АО «Высокотехнологический НИИ неорганических материалов
имени академика А.А. Бочвара» (АО «ВНИИНМ»), Москва, Россия

²Национальный исследовательский ядерный университет-МИФИ, Москва, Россия

³Институт физики прочности и материаловедения СО РАН, Томск, Россия
VMChernov@bochvar.ru

Создание крупномасштабной ядерной и термоядерной энергетики в условиях требований повышения эффективности и безопасности инновационных реакторов деления и синтеза, реализации полного замкнутого ядерного топливного цикла, переработки (рециклирования) облученных конструкционных материалов (КМ), минимизации радиоактивных отходов (РАО) и их радиационно-эквивалентного захоронения (уровень РАО – 3-й класс) за относительно короткий (в историческом масштабе) период времени после облучения (до 100-200 лет, зависит от нейтронного спектра, дозы облучения и элементных составов, включая примесные) выдвигает новые требования к КМ. Новые КМ должны обеспечивать эффективную работу реакторов в штатных и нештатных (экстремальных) условиях эксплуатации и должны превосходить (не уступать) имеющиеся и разрабатываемые сегодняшние КМ (сильно активируемые, с длительными временами спада радиоактивности и ядерного энерговыделения - более 1000 лет после облучения до достижения 3-го класса РАО) по своим функциональным свойствам и обеспечивать существенные дополнительные возможности дальнейшего повышения энергетической эффективности и безопасности инновационных реакторов деления и синтеза, использования (воспроизводства) топлива и КМ и минимизации РАО. Требования к новым КМ приближаются к технологическим пределам их изготовления и могут быть реализованы только на новом классе КМ – малоактивируемых (с быстрым спадом активности) КМ (МАКМ). МАКМ интенсивно разрабатываются и промышленно осваиваются за рубежом (США, Франция, Германия, Япония, Китай, Индия, Республика Корея, др.) и в России (АО «ВНИИНМ»). В значительной мере проблемы выбора, создания и дальнейших модификаций МАКМ решены. Усилия направлены на дальнейшую оптимизацию элементных составов (включая дальнейшую минимизацию примесных элементов), микроструктур, структурно-фазовых состояний, режимов термо-механических химических обработок (ТМО, ХТО-внутреннее окисление) материалов и изделий и их производство для применения в инновационных реакторах деления и синтеза с разными типами теплоносителей.

Рассмотрены МАКМ, разрабатываемые и изготавливаемые в АО «ВНИИНМ», как высокотехнологичные радиационно-стойкие жаропрочные и коррозионностойкие материалы энергетических реакторов деления и синтеза с разными теплоносителями (натрий, свинец, свинец-висмут, свинец-литий, жидкие соли):

- ферритно-мартенситная 12%-ая хромистая сталь ЭК-181 (RUSFER-EK181, Fe-12Cr-2W-V-Ta-B). Имеется промышленное производство, включая оболочки ТВЭЛов для быстрых реакторов;

- сплавы ванадия системы V-Ti-Cr (основной сплав V-4Ti-4Cr, спецификация VM-ДПЧ-9, опытно-промышленное производство, включая оболочки ТВЭЛов для быстрых реакторов) и системы V-Cr-W-Zr-C (более жаропрочные и коррозионностойкие сплавы ванадия, опытное производство).

Приведены результаты материаловедческих и технологических разработок получения материалов и изделий и исследований их сложных (многоуровневых, иерархических, наноструктурированных) микроструктур и структурно-фазовых состояний, физико-

механических (прочность, ползучесть, охрупчивание, разрушение, в том числе низко-высоко-температурное и усталостное), коррозионных, теплофизических и ядерно-физических (первичная радиационная повреждаемость, поглощение нейтронов, активация, трансмутация и энерговыделение при длительном облучении и длительном охлаждении после облучения, изотопный вклад для нейтронных спектров быстрых реакторов БН-600, БРЕСТ-ОД-300, БН-1200, МБИР и термоядерного реактора ДЕМО-РФ - проект НИЦ «Курчатовский институт») свойств МАКМ и их сравнение с имеющимися КМ.

Сделаны рекомендации по дальнейшей модификации (оптимизации) элементных составов (включая примесные), микроструктур и структурно-фазовых состояний и исследованиям исходных и радиационных структур и свойств МАКМ. Комплексные ориентированные научные, материаловедческие и технологические исследования МАКМ, включающие физическую теорию и физический эксперимент, модели и моделирование многоуровневых иерархических структур (мезомеханика) и их исходных и радиационных свойств, оптимизацию элементных составов, структур и структурно-фазовых состояний, реакторные испытания (высокодозные и в процессе облучения), будут быстрее и эффективнее путем для своевременного создания инновационных МАКМ, как альтернативного их применения в инновационных ядерных и термоядерных энергетических реакторах.